

NOTA

Una comparación entre la estrella de Barnard y el sistema solar *

CARLOS JUAN LAVAGNINO

Observatorio Astronómico, U. N. La Plata

Abstract: The main results of a previous work of the author —The Meaning of the scale in the cosmical systems (1961-1964)— are applied for a comparison between the system of Barnard and the Solar System. It is concluded that if the system of Barnard is real (with only two big "planets") its origin cannot be the same as in our system.

Conforme pasa el tiempo sigue creciendo el número de hipótesis acerca de la formación del sistema solar, sin que todavía surja, sin embargo, la posibilidad de descartar un determinado tipo de procesos en favor de otros. Ello se debe, según nuestra opinión, a que no se puede definir aún la categoría del objeto *sistema solar*, para cuyo fin sería necesario acumular, como lo propusimos años atrás (Lavagnino, 1968a) un suficiente número de regularidades que fueran comparables con las de otros sistemas astronómicos.

Objeto	Masa	Semieje	Período	Excentricidad	Razón masas	
B	0,15 \odot					Solución con dos
B ₂	0,00105 \odot	4,7 UA	26 años		0,0070 —	componentes
				0		
B ₁	0,00072 \odot	2,8 UA	12 años	0	0,0048	Solución con una
B ₁	0,0016 \odot	4,54 UA	25 años	~ 0	0,011 —	componente

Desde un comienzo se puede sospechar que cualquier carácter que dependa de las masas ha de distinguir a la estrella de Barnard respecto del Sol, pues en la primera la razón es por lo menos 10 veces más alta que en el segundo sistema.

Sin embargo, el problema debe ser encarado en esos términos, si se considera que de una veintena de rasgos agrupados en nuestra lista de 1968, con seguridad 15 son inobservables en la estrella de Barnard mediante la información disponible. Entre los restantes se encuentran aquellas regularidades que nosotros hemos discutido en relación con la escala de los sistemas cósmicos (Lavagnino, 1961-1964). Allí mostramos que una misma correlación $a \propto M\beta$ vincula a todos aquellos sistemas astronómicos conocidos hasta entonces, excepto los cúmulos abiertos y las binarias. También demostramos que si se cumple dicha relación masa-tamaño,

* Comunicado en la 18ª Reunión de la Asociación Argentina de Astronomía, octubre de 1972. Se publica ahora por tener el Boletín la sección adecuada.

Entre esos rasgos (susceptibles de ser tomados como *criterios* de definición) son muy importantes aquellos que permitan establecer una continuidad (o posible discontinuidad) con otros sistemas naturales. Si se examina un elenco de regularidades bien escrupuloso, se verá que muy pocas cumplen tal requisito (Lavagnino, 1968b). Por ejemplo, la analogía morfológica entre el sistema solar y la galaxia, que fue señalada siglos atrás, y que no debe ser confundida en un primer examen con la que descubrió Galileo entre el sistema solar y un sistema de satélites. Otro caso de continuidad es la distribución de separaciones en las estrellas binarias y su relación con las dimensiones del sistema solar (Kuiper, 1951).

Si las ideas expuestas tienen el significado que les atribuímos, deben permitirnos decidir si la información obtenida acerca de la estrella de Barnard es suficiente para clasificarla como sistema solar. La pregunta es oportuna, pues van de Kamp (1969) ha propuesto una solución alternativa con dos componentes oscuras, en lugar de una. Los datos que interesan son:

debe cumplirse otra entre el momento angular y la masa ($p \sim M^2$, Brosche, 1963), suponiendo que el proceso cosmogónico haya hecho compatibles las leyes de Kepler y Kolmogorov. Por otra parte, los objetos ubicados en la frontera de los sistemas tienden a igualar su energía potencial interna D con la potencial W en el campo del sistema que los incluye.

A estas tres regularidades convendría añadir la de Titius, aunque las conclusiones tendrán un alcance limitado por no pasar de dos el número de planetas propuestos.

Resumimos a continuación el examen de estas regularidades en el caso propuesto.

1. *Masa-tamaño.* B₂ dista de la estrella central según lo establecido por la relación masa-tamaño. Esto la distingue con las binarias en general, las cuales, como grupo, no responden al exponente $\beta = 3/4$ sino más bien al $\beta = 1/2$

(Lavagnino, 1965). Habría, pues, un punto a favor de la condición planetaria si otros rasgos la confirmaran. Además, por consiguiente, estaríamos obligados a considerar a B_2 el objeto frontera del sistema.

2. *Relación momento-masa.* No obstante que la relación de Brosche está verificada con cierta latitud por todos los sistemas que cumplen la masa-tamaño, encontramos que para B_2 , $p/M^2 = 6 \cdot 10^{-16}$, mientras que en el sistema solar es a lo sumo $4 \cdot 10^{-19}$. Un factor 1000 es totalmente inaceptable. Se concluye que no puede hablarse de una verificación de la ley de Brosche, a menos que suspendamos el considerar a B_2 como frontera. En ese caso (Júpiter) el momento aumentaría por un factor 1000/8, lo cual ya sería aceptable, pero entonces la ley masa-tamaño debería ser interpretada en el sentido de Gamburg (1960), o sea como dando la distancia al planeta de mayor masa (la pendiente β es la misma). Podrían existir otros objetos muy menores hacia afuera del sistema.

3. *La relación (W, D).* La marcha de la relación W, D en nuestro sistema permite identificar los objetos de los distintos niveles en el mismo, así como expresar la distribución de la materia (Lavagnino, 1968). Pero como no tenemos en Barnard sino a B_1 y B_2 , toda conclusión carece de significado. En cambio la hipótesis $W = D$ permite rechazar a B_2 como objeto frontera, pues se tendría para él un radio de 10^{11} cm con una densidad absurda. Así tenemos una razón más para no considerar a B_2 como frontera; con dos consecuencias importantes: a) Según se explica en Lavagnino (1964) todavía el sistema de Barnard podría extenderse más allá de B_2 sin violar la relación masa-tamaño, al menos en la medida suficiente para albergar cuerpos muy inferiores a B_1 y B_2 ; ello permitiría cumplir con (W, D). b) Se verifica la ley de Brosche, lo cual nos asegura que B_1 y B_2 son soluciones aproximadas a la realidad y no el resultado de perturbaciones ficticias, pues según nuestro conocimiento aquella regularidad no es deducible de la mecánica celeste únicamente (Lavagnino, 1964).

Puesto que no disponer sino de dos cuerpos satélites nos impide estudiar la marcha de (W, D) podemos hacernos una idea de la distribución de las masas mediante un arbitrio que Bruman (1968) ha empleado con otro objeto.

Bruman introdujo una nube cuyo radio iguala a la distancia Sol-Saturno, y su densidad a la de la masa terrestre distribuida en una esfera de radio = 1 UA. En una nube de esa densidad, las esferas que recogen masas iguales —sucesivamente— a la de Mercurio, Mercurio + Venus, $M + V + \text{Tierra}$, etc., tendrán radios próximos a los de las órbitas reales de estos planetas (dentro del 30 % hasta Saturno). Esto parece privilegiar a la Tierra, pero en realidad significa que existe *grosso modo* una cierta equivalencia entre nubes esféricas construidas de esa manera. Quiere decir que estamos ante una característica del sistema (caso particular, además, de una propiedad expuesta por Lavagnino, 1964). Independientemente del proceso que la origina, es de considerar como significativa la relación k entre esa densidad y la de una nube de masa solar extendida hasta el límite considerado en el sistema. En el caso solar k vale $1/2$, pero en el sistema de Barnard

es $1,2 \cdot 10^{-2}$, o eventualmente el doble de esto (a lo sumo, para que no caiga la ley masa-tamaño). Hay pues entre el k de B^* y el k del Sol un factor que puede estar entre 50 y 25. Se ve así cómo, si bien B_1 y B_2 son reminiscentes de Júpiter y Saturno en cuanto a masas y distancias, la menor entidad de la estrella central origina un tipo de objeto sensiblemente distinto de nuestro sistema solar.

Si a pesar de lo anterior insistimos en suponer algún planeta interior a B_1 , podremos utilizar la nube de densidad $(M_1 + M_2) / 4a_2^3$. Para su distancia nos vedamos emplear la regularidad de Titius, porque introduciría una característica de nuestro sistema (aunque $a_2/a_1 = 1,68$, contra 1,73 en el sistema solar). Lo más imparcial resulta comenzar con un solo planeta entre B y B_1 a una distancia de B igual a $a_1/2 = 1,4$ UA. La densidad queda establecida por la relación $(M_1 + M_2) / 4 \cdot (4,7)^3 = 3 \cdot 10^{-12}$ g, y lleva a una masa de 10^{29} g, 100 veces la Tierra, un tercio de B_2 . Si el planeta estuviera a la distancia de Mercurio, todavía su masa sería el cuádruple de la terrestre. Tal resultado expresa con gran nitidez la diferencia morfológica y física entre los dos sistemas que hemos comparado, pues a causa de los contrastes entre una estrella M y una G (enanas) deben seguirse consecuencias que escapan al objeto de esta nota.

La diversa distribución de masas en estos dos sistemas expresa en realidad una relación entre dos niveles de organización (Lavagnino, 1964), la cual es diferente en el sistema solar y en la estrella de Barnard. Esto puede verse así: definamos una densidad $\rho' = \text{masa satélites} / 4a_s^3$, y $\rho_0 = M / 4a_s^3$, siendo a_s la distancia entre M y el satélite más alejado conocido, mientras que a es la distancia hasta el satélite frontera real (hipotético). Para que $\rho' > \rho_0$ es necesario que $a^3 > Ma_s^3/m_s$, o sea $a > a_s(M/m_s)^{1/3}$. En el sistema solar $M/m = 10^3$, y por tanto debe ser $a > 5 \cdot 10 = 50$ UA, del orden de lo establecido por la relación masa-tamaño. Pero en Barnard $M/m = 85$, es decir, $a > 21$, lo cual significa un valor muy superior al que establecería la relación masa-tamaño.

Conclusión: Si las regularidades que observamos en los objetos cósmicos autogravitantes rigen en el sistema de Barnard, entonces éste debe poseer rasgos morfológicos sensiblemente apartados de los solares, a menos que exista una gran diferencia entre procesos cosmogónicos que conduzcan a objetos afines.

Literatura

- Lavagnino, C., 1968a, 14ª Reunión de la Asociación Argentina de Astronomía. Bol. 14.
 Kuiper, 1951, "Astrophysics", p. 365.
 Lavagnino, C., 1968b, Revista Astronómica, 40 (166), p. 13.
 Van der Kamp, P., 1969, Astr. Journal 74, pp. 238, 757.
 Lavagnino, C., 1961-1964, Bol. Asoc. Argentina de Astronomía y Tesis.
 Brosche, P., 1961, Astr. Nach. 286 (6).
 Brosche, P., 1963, Zeitsch. Ap. 57, p. 143.
 Lavagnino, C., 1965, inédito.
 Bruman, J. R., 1968, Icarus 8, p. 508.